

地震時に基礎が受ける地盤抵抗に関する振動台実験 (その 2)

土木研究所 正員 ○白戸真大
正員 秋田直樹
正員 福井次郎

1. はじめに

基礎の動的解析モデルを確立するために、橋梁の上部構造を模擬した上載重量を有する深い剛体基礎模型をせん断土層に作成した砂地盤中に埋込み、正弦波および兵庫県南部地震における神戸海洋気象台波 (以下、神戸波という) を入力波とした振動台実験を行った。本報告は、振動中に基礎が受ける地盤反力度に関して整理した結果を示すものである。なお、実験方法、実験ケース、模型の詳細は、(その 1)¹⁾を参照されたい。

2. 基礎が受ける地盤反力度の最大値

基礎には、加振方向の前背面両面に、その中心線上にロードセルを取り付け²⁾、各深度における地盤反力度の時刻歴を調べた。図-1 に各加振ケースにおける地盤反力度の最大・最小値の深度方向の分布を示す。地盤反力度の絶対値が小さい方から、100gal, 300gal, 500gal 加振、そして神戸波の場合では、さらに 800gal 加振である。ここに、地盤反力度は、両面のロードセルの値の和である。なお、計測は各加振前にゼロクリアを行っているので、静止土圧からの変動量を計測していることになる。また、ロードセルの受圧版は非常に軽いので受圧版に生じる慣性力の補正を行っていない。地盤反力度の最大値は、地表面から GL-0.4m 付近までは深度方向に増加していき、その後、減少していく。しかし、最深部では再び増加している。これは、基礎の回転に伴い、浅い位置で前面側が受働状態になっているときに、深い位置では背面側で受働状態になっているためと考えられる。神戸波 800gal のケースでは、他のケースとは異なり、最大・最小値の分布が明らかに非対称になっている。これは、入力波の特性の他に、地盤作成時に密度の偏りが生じていたためである。

現在の道路橋基礎の設計では、基礎が受ける地盤反力度の上限値 p_{Hu} として、基礎の静的載荷試験結果に基づき、次式に示すように深度に応じてクーロン受働土圧強度 p_{EP} の 3 倍を上限とした割増しを行っている³⁾。

$$p_{Hu} = \alpha_p p_{EP}, \quad \alpha_p = 1 + 0.5(z/B) \leq 3.0 \quad (1)$$

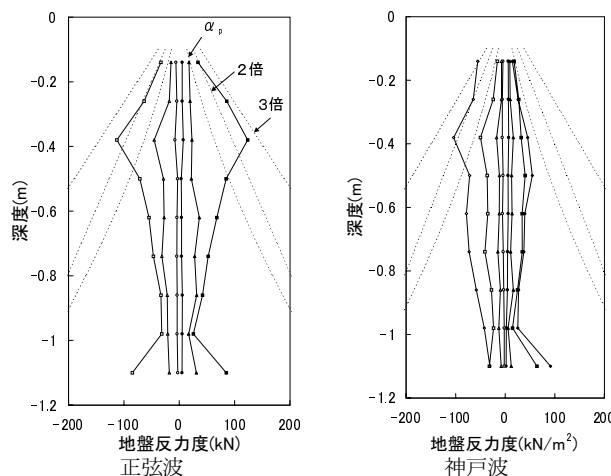


図-1 地盤反力度の最大、最小値分布

ここに、 z は深度、 B は基礎幅で z/B は無次元量である。受働土圧の算出は文献²⁾を参照されたい。そこで、図-1 には、 p_{EP} を式 (1) の α_p で割増した値、および 2 倍、3 倍とした値を破線で示した。本実験では、浅い位置においても、受働土圧強度の 2 倍～3 倍程度の地盤抵抗を受けていたことが分かる。

3. 地盤反力度の履歴特性

図-2 に、正弦波加振の各加振加速度ケースの 15 波目において、各深度で基礎が受ける地盤反力度と、基礎と地盤の相対変位 d を基礎幅 B で割ったものとの関係を示す。基礎と地盤の変位の算出方法は文献¹⁾を参照されたい。

加振加速度が 100gal から 300gal, 500gal 加振と増加すると、変位レベルも増大するが、地盤反力度が最大・最小に達する点を結ぶことにより得られる割線剛性 (二点を結ぶ直線の勾配) は逆に小さくなっている。これは、地盤の剛性のひずみレベル依存性に起因するものと考えられる。また、GL-0.14m, -0.26m の加振の履歴形状を比べると、GL-0.26m の方がループの傾きが大きくなっている。これは、地盤の剛性が拘束圧に依存しているためと考えられる。

履歴ループ形状は、第 1 象限と第 3 象限において三角形形状でふくらんでおり、変位レベル d/B の振幅が小さいうちは水平軸を底辺とした三角形が上下で組み

Key Words: 振動台実験, 基礎, 地盤反力度, 耐震設計

連絡先: 〒305-8561 茨城県つくば市南原 1-6, TEL: 0298-79-6795

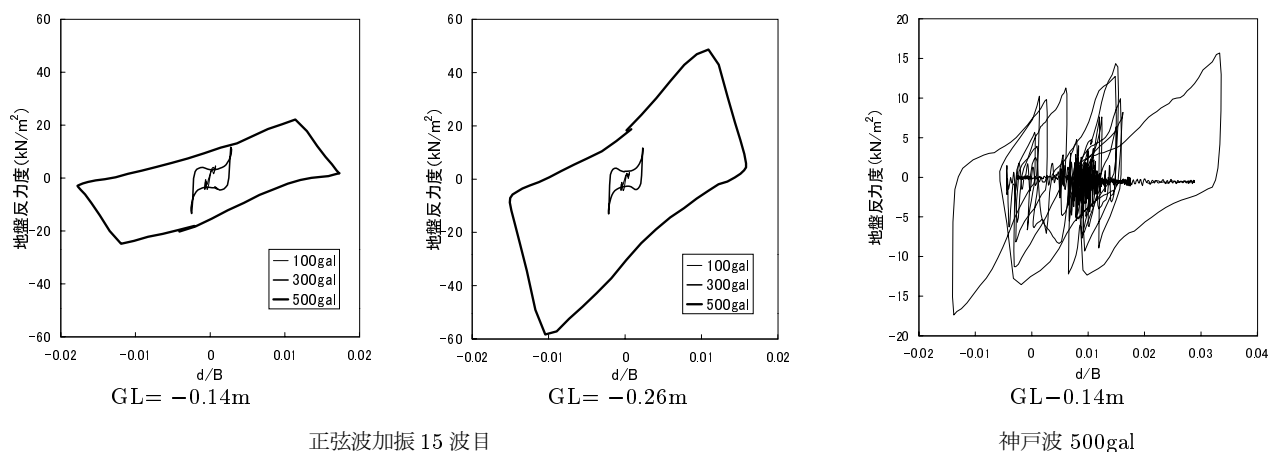


図-2 地盤反力度－基礎・地盤間の相対変位関係

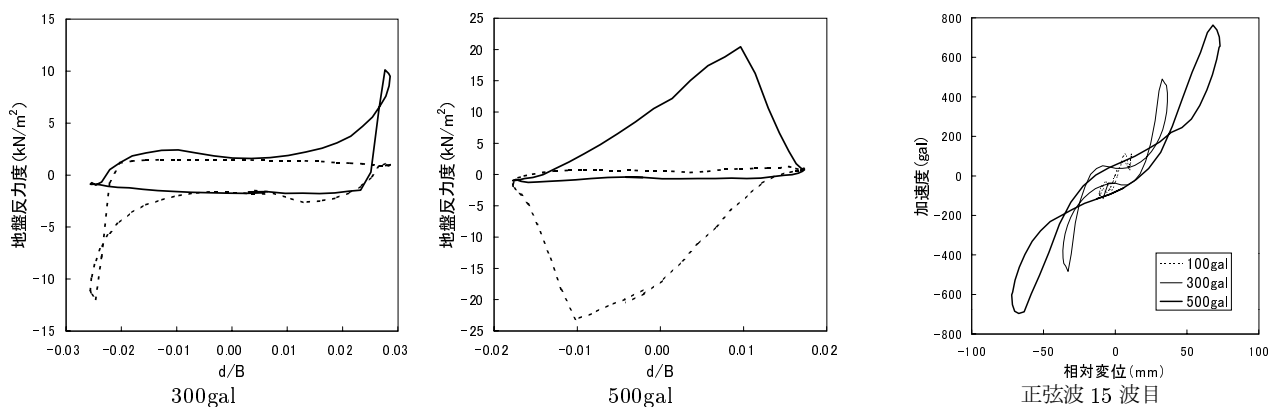
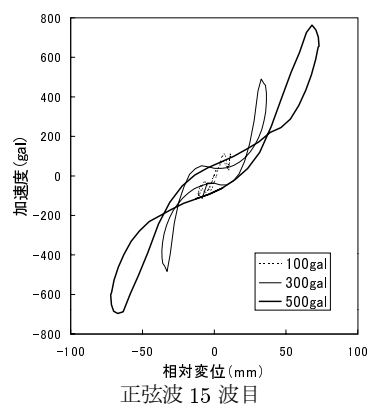


図-3 GL= -0.14m の両側面のロードセルにおける地盤反力度－基礎・地盤間の相対変位関係 (正弦波 15 波目)

図-4 上部構造慣性力作用位置の加速度－変位曲線
正弦波 15 波目

合わせられたスリップ型の形状が、変位レベル d/B の振幅が大きくなると平行四辺形状になる。また、図-3 は、GL= -0.14m のデータに関して、地盤反力度をそれぞれの面のロードセルに生じた反力度に分解した結果である。図中、実線と波線が、それぞれの面の反力度を示している。ここで、おのおのの地盤反力度が水平軸をまたいで変化するのは、加振前にロードセルの値をゼロクリアしているためである。基本的に、基礎のそれぞれの面でのループ形状は、水平軸に沿う辺を底辺とした三角形形状となっており、一方が受働状態で地盤反力度が増加している時には、他方は主働状態となり地盤反力度は一定である様子が分かる。

図-2 には、神戸波 500gal 加振の場合の結果もあわせて示した。履歴ループ形状は正弦波加振の場合と同様であり、変位レベルが大きくなると水平軸を挟んで三角形を組み合わせた平行四辺形状となっている。

4. 上部構造慣性力作用位置の加速度－変位履歴

図-4 に、正弦波加振 15 波目において上部構造慣性力作用位置 (上部構造重量の重心位置) に生じた加速度と上部構造慣性力作用位置と地表面との相対変位の履歴

を示す。

各加振加速度ケースにおいて加速度が最大・最小となる点を結ぶ割線剛性は、変位レベルが大きくなるにつれて低下しており、地盤の非線形化の影響が表れていると考えられる。また、基礎の復元力特性は、図-2 に示した地盤反力度の復元力特性に非常に近く、スリップ型となっている。

5. おわりに

基礎が受ける地盤抵抗特性は、地盤材料の力学特性、たとえば、地盤剛性の拘束圧依存性、ひずみレベル依存性を反映したものであることを確認した。今後は、動的解析に用いるためのモデル化を検討したい。

参考文献

- 1) 福井次郎, 白戸真大, 秋田直樹: 地震時に基礎が受ける地盤抵抗に関する振動台実験 (その 1), 第 56 回土木学会年次学術講演会講演概要集, 第 1 部, 2001.
- 2) 秋田直樹, 福井次郎, 白戸真大: 深い剛体基礎の大地震時挙動に関する振動台実験 (その 2), 第 36 回地盤工学研究発表会講演論文集, 2001.
- 3) 日本道路協会: 道路橋示方書 IV 下部構造編, 1996.